

医用防护面料性能要求及制备技术

谢宛姿, 佑晓露, 傅佳佳, 高卫东, 王鸿博*

(江南大学 纺织科学与工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘要:随着新型冠状病毒肺炎在中国及世界各国的爆发和蔓延,防护口罩、防护隔离服等医用防护材料需求量日益扩增。从纤维材料选择、防护纺织面料制备技术及防护性能3方面综述医用防护面料的发展情况,分析各种医用防护材料的优势及其应用环境,并对医用防护面料的发展趋势进行展望。分析表明,现有医用防护面料虽然具备防护、舒适、抗静电等功能,但生产成本及废弃物处理问题仍需进一步研究。

关键词:新型冠状病毒肺炎;纤维;医用防护;防护面料;防护性能;制备技术

中图分类号:TS 106.6.7 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-1928(2020)02-0101-06

Performance Requirements and Preparative Technique of Medical Protective Materials

XIE Wanzi, YOU Xiaolu, FU Jiajia, GAO Weidong, WANG Hongbo*

(College of Textile Science and Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: With the outbreak and spread of novel coronavirus pneumonia in China and other countries in the world, the demand for medical protective materials such as protective masks and protective isolation suits is increasing. From the aspects of fiber materials selection, protective textile fabric preparation technologies and protective performance, the paper reviewed the development of medical protective fabrics, analyzed the advantages of various medical protective materials and their application environment, and predicted the development trend of medical protective fabrics. Results show that although the existing medical protective fabrics have the functions of protection, comfort, antistatic and so on, the production cost and waste disposal issues still need further research.

Key words: COVID-19, fiber, medical protective, protective fabrics, protective performance, preparation technology

随着现代工业的高速发展,人类对自然的破坏加剧,污染日益严重,导致各种病菌的繁衍和传播。在全球范围内,已经出现的极具危险性传染疾病包括乙肝、艾滋病等,它们能够通过体液、血液途径进行快速传播。2019年底,国内出现了新型冠状病毒肺炎(corona virus disease 2019, COVID-19),这种病毒可通过飞沫、接触以及气溶胶进行快速传播^[1],导致经常与病患直接或间接接触的医护人员存在很大感染风险。因此,利用各种医用防护材料来保

障医护人员的身体健康极其重要。

医用防护材料的作用是产生病菌阻隔层,以防止病菌泳移,减少交叉感染^[2]。随着现代医学的进步,人们对防护面料防护性能的要求越来越高,国内外专家也通过制定相关标准对医用防护材料的舒适性以及其他各种性能给予具体的规定;同时,各种防病菌医学防护材料(如阻隔织物、层压织物和涂层织物等)的研究获得了巨大发展^[3],并不断向更专业化的方向突破。

收稿日期:2020-03-19; 修订日期:2020-04-08。

基金项目:中央高校基本科研业务专项项目(JUSRP52007A)。

作者简介:谢宛姿(1993—),女,博士研究生。

*通信作者:王鸿博(1963—),男,教授,博士生导师。主要研究方向为纤维制品现代加工技术、新型织造技术等。

Email:wxwanghb@jiangnan.edu.cn

1 医用防护面料性能要求

为保障医患双方的安全,需严格把关医用防护材料的安全性,确保其具有优良的防护性能。防护性主要包括防液体渗透、阻隔微生物、阻隔颗粒物 3 部分。此外,医用防护面料必须具备一定的力学性能;为了满足医护人员长时间的穿戴要求,近代医学对医用防护面料的舒适性能也提出了要求^[4]。

中国于 2009 年 5 月发布 GB19082—2009《医用一次性防护服技术要求》^[5],针对医用一次性防护服的性能、测试条件、测试方法提出具体的要求。例如,对其抗渗水性、抗合成血液穿透性、表面抗湿性以及对非油性颗粒的过滤效率等防护性能指标提出了要求;通过透湿量对其舒适性进行评价;通过断裂强力 and 断裂伸长率对其力学性能进行规定;通过带电量对其抗静电性能进行评估。

1.1 防护性能

防护性是医用防护面料最重要的性能。由于医护人员经常接触携带病菌的血液、体液和分泌物等,长期处于病菌活跃的环境中,所以防护面料必须具有防液体(如水、酒精和血液)渗透以及阻隔灰尘、气溶胶(如病菌)等颗粒物质的性能,以预防交叉感染,保障医护人员的身体健康。

1.2 舒适性能

面料舒适性包括热湿舒适性和接触舒适性。面料舒适性与纤维性能、织造技术以及后整理工艺等息息相关,主要表现为面料质量、透气透湿性、亲肤柔软性等,其中透气透湿性是评价舒适性最重要的指标之一。在长期穿着过程中,具有良好透气透湿性的防护服能够在短时间内将皮肤表面产生的湿气和热量快速吸收,并通过纤维迅速传递至织物外表面,以保持皮肤表面和服装内侧微环境的干燥,以此保障医护人员的身体健康,提高工作效率。而防护服的阻隔性能不允许面料具有很好的透气透湿性,如何平衡防护性与舒适性是医用防护面料的一个重要研究方向。SMS(纺黏-熔喷-纺黏)复合非织造材料在医疗防护卫生用品中应用广泛,由于其兼具纺黏和熔喷非织造布的优点,因而除了拥有熔喷层的良好阻隔性,还兼具纺黏层的透气透湿性^[6]。

1.3 物理机械性能

虽然如今大多数医用防护服是一次性产品,但也必须具有一定的物理机械性能。如果防护服的抗磨损性、抗撕裂性能较差,在穿戴过程中受到外

力拉扯后破裂、磨损脱絮,防护服就会成为病菌传播的通道,从而增加医护人员感染几率,使防护效果大打折扣。因此医用防护面料对断裂强力、断裂伸长率、撕破强力、耐磨强力等基本物理机械性能的要求较高。

1.4 其他性能

不产生、不吸尘、不脱絮、防静电均是医用防护面料应该具备的性能。静电会导致纺织品吸尘,而医用防护服在使用过程中由于摩擦会产生静电,所以其必须具备一定的抗静电性能。

2 医用防护面料的纤维材料选择

根据医用防护面料的使用期限,可将其分为重复使用型和即弃型。重复使用型医用防护面料包括传统机织物、高密织物、涂层织物和层压织物等,主要用于医用日常工作服和手术服。即弃型医用防护面料主要以非织造布为主,与传统机织棉织物相比,非织造布具有柔软光滑、过滤性能极佳、不易产生尘埃颗粒等优点,因此,非织造布被广泛应用于医用防护领域^[6]。

2.1 传统纤维材料

棉织物具有手感柔软、光泽柔和等优点,涤棉混纺织物具有手感挺滑、耐洗、快干等优点,由它们制成的防护面料接近日常服用面料,具有良好的透湿透气性能,穿着较为舒适,因此是目前日常医用工作服的主要面料^[7]。此类医用防护面料在干燥情况下对病菌具有一定的防御能力,但在湿态条件下易受到病菌的入侵,且普通棉纤维制成的织物抗起毛起球性较差,不适用于无菌无尘的手术室,因此,日常医用手术服主要由高支棉纱、长丝、改性聚酯纤维等材料^[8]加工而成。由以上材料制成的防护面料虽然穿着较为舒适、方便,透湿透气性能较好,但对病菌的屏障阻隔性能较差。

2.2 功能纤维材料

对血液、体液、病菌等进行有效阻隔是医用防护面料应满足的性能要求之一,目前已有多种高分子材料用于医用防护面料的制备。采用高分子材料(如聚氨酯(PU)、聚丙烯(PP)等)对普通防护面料进行一定整理加工、涂层和覆膜等操作,能够增加防护面料的防渗透性,增强面料抵御病菌的能力。

2.2.1 PU/热塑性聚氨酯(TPU) 作为高分子化合物,PU 和 TPU 具有较好的弹性和生理适应性,被广泛应用于医疗领域。在医用防护面料上多用 PU 对织物进行涂层加工,用涂层剂封闭织物表面,从

而起到防渗透作用^[9]。此外,聚丙烯酸酯、聚偏氟乙烯、有机硅橡胶等材料也可用于织物涂层的整理,以提升织物的防护性能。TPU 或 TPU 与 PP 共混应用于熔喷非织造布,可解决医疗防护用品柔性差的问题^[10]。

2.2.2 PP 纤维材料 与传统棉纤维相比,PP 价格更为低廉,高溶脂 PP 纤维材料经处理后可获得一定的抗菌、抗静电等性能,通常用于制作一次性手术衣^[11]。但这种材料的抗静水压能力比较差,而且对病菌的阻隔效果也不佳,因此只能用作无菌外科手术衣。SMS 复合防护材料大部分以 PP 为原料^[12],但必须经过后整理工序,以降低其表面张力,获取最佳的液体阻隔性能^[13]。

2.2.3 聚四氟乙烯(PTFE)材料 半渗透型材料可制成致密无孔、超微孔或微孔膜,通过涂层或覆膜加工的方法能够制成高性能防护面料。PTFE 复合膜是半渗透型防护材料的典型代表。PTFE 微孔膜表面为蜘蛛网状的微孔结构,膜的正反面尺寸有差异,微孔孔径介于水蒸气和水滴直径之间,可在防止血液和其他体液渗透的同时使水蒸气分子通过,具有一定的透气性,是目前企业生产医用防护面料时较为常用的复合膜材料^[14]。

2.2.4 可生物降解材料 为了有效阻隔病菌,目前使用的医用防护面料大多是即弃型非织造材料。即弃型医用防护用品在使用一次后需立即销毁,因此,一次性医用防护废弃物品的处理问题应引起重视。纤维素纤维(黏胶和醋酸纤维)、聚酯纤维(聚乳酸(PLA)和聚羟基乙酸(PGA)纤维)等材料具有良好的生物降解性和生物相容性,经过堆肥掩埋处理后可完全分解为二氧化碳和水,对环境也没有任何污染,可用于手术衣、手术覆盖布等医用防护面

料的生产^[12,15]。

2.2.5 功能性抗菌材料 随着对医用防护材料的深入研究,越来越多草本提取物和新型功能性材料用于纺织生产中。例如,莽草酸接枝固定在 PLA 非织造布上,能提高防护面料的抗菌性能^[16];党参提取物微粉水溶液与黏胶纺丝液结合,纺织成丝,能使改性后的黏胶纤维具有抗菌性^[17];以具有抗菌抑菌性能的氧化石墨烯为接枝单体,用 PP 非织造布接枝氧化石墨烯,可改善 PP 非织造布的抗菌和抗静电性能^[18];采用银/还原氧化石墨烯负载 PP 为材料,经熔喷纺丝,可制成具有抗菌和抗静电性能的防护面料^[19]。

虽然可生物降解材料和功能性抗菌材料的加入使医用非织造布增加了可生物降解、抗菌等优良性能,但考虑到企业加工成本及批量化生产问题,棉织物、涤棉混纺织物、PP 纺黏布、PU 及 PTFE 涂层(覆膜)等材料仍是现在医用非织造布的首选。

3 医用防护面料制备技术

19 世纪,为了防止医务人员在工作时被病菌感染,科研人员开始研发医用手术服,并得到广泛应用。当时医用手术服的制备技术只是传统的机织物加工法,手术服材料也是一种稀薄的机织棉布。二战中美军采用高密机织物加工法制备医用防护服,在 1952 年被 BECK W C 指出并不能完全抵抗病菌的入侵^[20]。20 世纪 80 年代以后,各种病毒不断对人类构成威胁,各国开始研发医用防护面料,探讨其加工制备技术。目前,医用防护面料加工制备技术可分为机织类防护面料加工制备技术和非织造布类防护面料加工制备技术,具体如图 1 所示。

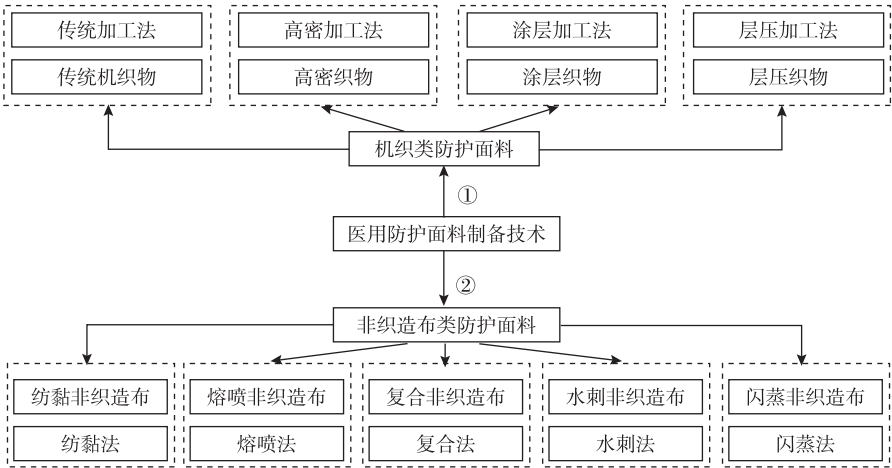


图 1 医用防护面料制备技术

Fig. 1 Preparation technology of medical protective fabric

3.1 机织类防护面料加工制备技术

机织类防护面料加工制备技术是以机织物为主的加工体系,并在此体系下兼顾不同的加工方法,包括传统加工法、高密加工法、涂层加工法和层压加工法。其中,传统加工法是采用棉纤维或者涤纶等合成纤维与棉的混纺纱相互交叉形成传统机织物的制备技术,制成的医用防护面料具有良好的舒适性,可应用于日常工作服和手术服。高密加工法是采用高支棉纱或其他超细合成纤维长丝织成高密度机织物的制备技术,医用防护高密织物的后整理则采用碳氟化合物、有机硅等防水剂的防液体透湿技术。由于高密织物特点为经纬密度大、总经根数多、组织交结点多及布面密实等,其制备技术存在一定的技术难点,如织造过程中出现开口不清、起毛、断纱等现象^[21-22],需要进一步攻克。涂层加工法是在机织物表面涂覆涂层剂,以防止水分渗透,但存在的主要问题是透湿性差,导致医护人员的穿着舒适性降低^[23-24]。层压加工法是将一层特殊薄膜通过层压复合工艺与织物黏合在一起,又可分为干法、湿法和干湿法^[25]。

3.2 非织造布类防护面料加工制备技术

非织造医用防护面料的发展可追溯到 20 世纪 90 年代,欧美发达国家最先拥有的水刺非织造先进技术是通过“三抗”(抗酒精、抗血、抗油)、抗静电、抗菌等处理及 γ 射线消毒的技术,但由于其抗静水压低而逐渐被纺黏法非织造技术取代,使得工艺流程和生产成本缩减,生产效率大大提高。“非典”时期,闪蒸非织造布防护面料和复合非织造布防护面料使用广泛。目前,非织造布类防护面料的主要制备方法有纺黏法、熔喷法、水刺法、闪蒸法和复合法等,其主要制备技术如图 2^[12]所示。

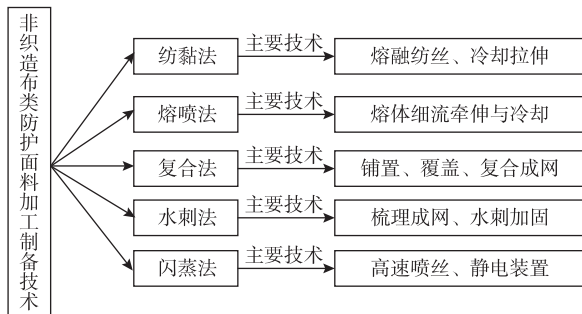


图 2 非织造布类防护面料的主要制备方法和技术

Fig. 2 Main preparation method and technology of nonwoven protective fabric

3.2.1 纺黏法非织造技术 纺黏法是一种由聚合物切片原料直接熔融纺丝,冷却拉伸成网的制备技术,其基本工艺流程如图 3 所示。纺黏法工艺具有

高速高产的特点,制成面料中的纤维呈长丝状,所以面料具有优异的抗拉伸强度,但其防渗透性能和手感舒适性较差。通常纺黏法使用最广泛的是宽狭缝负压牵伸系统工艺,并用海岛型、皮芯型和桔瓣型双组分纤维及多组分纤维进行面料制备,增加面料的柔软性,使其具有良好的手感^[11]。

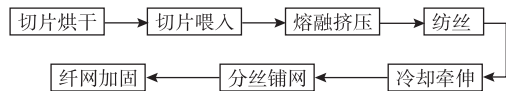


图 3 纺黏法基本工艺流程

Fig. 3 Basic process flow of spunbond method

3.2.2 熔喷法非织造布技术 熔喷法基本工艺流程如图 4 所示。熔喷法因其制备流程短、生产成本低而快速发展,其制备的非织造布具有纤维极细、比表面积大、孔隙率高等优点,这使其具有很好的阻隔性能,但是牵伸工艺流程短,导致其纤维的强力低。为了提高熔喷非织造布的性能,涌现出各种熔喷非织造布新技术,如驻极熔喷技术、双组分熔喷技术以及插层熔喷技术等^[26]。

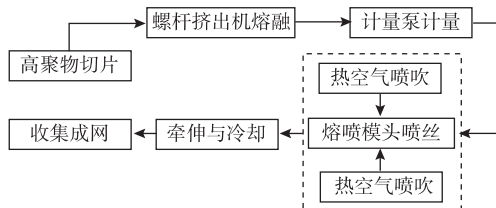


图 4 熔喷法基本工艺流程

Fig. 4 Basic process flow of meltblown method

与传统熔喷技术不同,经过驻极体处理的熔喷纤维网能够有效增强非织造布对空气中有害物质的阻隔,这主要是因为驻极体的加入使非织造布除了自身基础过滤外,还附加了静电效应,从而对空气中灰尘等细小颗粒的吸附效率进一步提高^[27]。由于熔喷非织造布具有高效、低阻的过滤性能,可用于医疗防护(如防护口罩)、电子器械、防雾霾窗纱等过滤材料领域。

3.2.3 SMS 复合非织造技术 由于熔喷非织造布具有较好的阻隔性能,而纺黏非织造布具有较高的强力,将两种工艺技术相结合,制备得到优势互补的 SMS 复合非织造布。SMS 复合非织造布是由 3 层非织造布复合而成,上下两层为具有高强力的纺黏非织造布,中间层为具有高阻隔性的熔喷布。熔喷布是一层致密的超细纤维层,纤维间的空隙非常小,对空气中的颗粒物质和微生物具有很好的阻隔性能。SMS 材料在中间层具有优良阻隔性、过滤性的同时,纺黏外层又具有高强度和良好舒适性,因此在医护纺织材料上有广泛的应用(如防护服、隔

离衣、消毒包布等)^[28]。

普通的 SMS 非织造布对血液、水和酒精没有完全的防渗透功能。为了达到医用防护材料的性能要求,使 SMS 非织造材料具有更广泛的应用,可以通过各种后处理工艺对 SMS 材料进行防菌^[29]、抗静电^[30]、拒液性^[31]等功能化处理。

3.2.4 其他非织造技术 水刺法是采用极细的高压水流对纤网进行反复穿刺,使纤维相互缠结,并固结成布的技术。水刺法基本工艺流程如图 5 所示。水刺法制得的面料具有良好的柔软性、悬垂性及吸湿透气性。纤维取向和水针工艺是影响面料性能的重要工艺参数,与平行于机器方向排列相比,纤维取向垂直于机器方向排列具有更优异的力学性能。多刺头和小水针距能使纤网中的纤维分布更加均匀,力学性能更佳^[32]。在该制备工艺中,利用水刺加固技术代替纺黏法的化学试剂固网技术,能使产品更加绿色、安全、卫生^[33]。

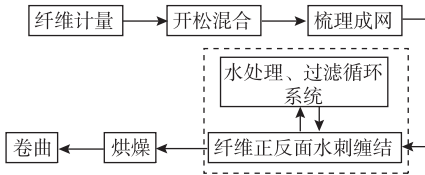


图 5 水刺法基本工艺流程

Fig.5 Basic process flow of spunlace method

闪蒸法是将溶解在溶剂中的高聚物通过喷丝孔喷出,液态丝条在高速运动中固化,再经牵伸形成超细纤维,然后靠静电装置使纤维凝聚成网,最后经热轧加固而成的制备技术。闪蒸法基本工艺流程如图 6 所示。制备工艺中若选用烷类纺丝溶剂和较高的纺丝温度,能够提高面料的透气性和舒适性^[34],但目前闪蒸法因技术难度较高,导致生产成本增加。

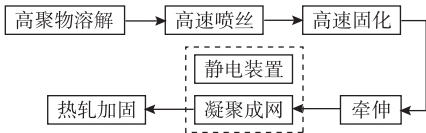


图 6 闪蒸法基本工艺流程

Fig.6 Basic process flow of flash method

4 结 语

随着科技的发展与社会的进步,人类物质生活水平得到提高,然而由于人口增长,人类经济活动增加,导致生活环境逐步恶化,各类传染疾病不断侵蚀人类的身体,因此对医用防护用品的需求和性能要求在逐步提高。制备防护、舒适、抗静电等功能于一体的一次性绿色环保医用防护面料是未来

的研究重点。目前,国内外主要对 PTFE、聚乙烯等高聚物的涂层、覆膜和复合技术进行研究,可在增加医用防护面料防护性能的同时提升舒适透气性,但其作为一次性用品价格昂贵。

因此,在材料方面应选择价格低廉、可生物降解且防水透气的高分子材料;在制备工艺方面应选择趋于专业化和多功能化的复合加工方法。这对纺织材料及制备技术提出了新的、更专业的要求,加强学科交叉从而制备更具人性化的医用防护面料是纺织行业进一步的追求目标和前进方向。

参考文献:

[1] 宋斌.《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第五版)》中医分期与西医分型对应关系探讨[J/OL]. 中医杂志,2020,61:1-4[2020-03-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2166.R.20200225.1219.004.html>.

[2] 嵇晓庆.外科临床一次性防护材料的研究[D]. 青岛:青岛大学,2012.

[3] 郝新敏,张建春,杨廷欣,等.“非典”防护服材料的技术性能要求[J]. 中国个体防护装备,2003(3):8-10. HAO Xinmin, ZHANG Jianchun, YANG Tingxin, et al. Technical performance requirements of "SARS" protective clothing materials[J]. China Personal Protective Equipment, 2003(3):8-10. (in Chinese)

[4] 佚名. 医用防护服是用什么材料制成?[J]. 福建轻纺, 2020(2):10-11. Anon. What materials are the medical protective clothing made of?[J]. The Light and Textile Industries of Fujian,2020(2):10-11. (in Chinese)

[5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 医用一次性防护服技术要求:GB19082—2009[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

[6] 杨兆薇,张淑洁,伏立松,等. 医用非织造材料的研究进展[J]. 产业用纺织品,2019,37(7):1-5. YANG Zhaowei, ZHANG Shujie, FU Lisong, et al. Research progress of medical nonwovens[J]. Technical Textiles,2019,37(7):1-5. (in Chinese)

[7] 李毓陵. 生物医用纺织材料的研究和发展前景[J]. 棉纺织技术,2010,38(2):65-68. LI Yuling. Research and development prospect of biomedical textile materials[J]. Cotton Textile Technology, 2010,38(2):65-68. (in Chinese)

[8] 姚登辉,许增慧,吕水君,等. 复用医用手术服面料的工艺研究[J]. 纺织科学研究,2019(6):92-95. YAO Denghui, XU Zenghui, LYU Shuijun, et al. Research on the process of reusing medical surgical gown fabric[J]. Textile Science Research, 2019(6):92-95. (in Chinese)

[9] 仇何,谢柠蔚,张伟,等. PET/PU 弹性非织造材料的制

- 备[J]. 合成纤维工业, 2017, 40(2): 17-20.
- QIU He, XIE Ningwei, ZHANG Wei, et al. Preparation of PET/PU elastic nonwoven material[J]. China Synthetic Fiber Industry, 2017, 40(2): 17-20. (in Chinese)
- [10] 彭孟娜, 贾慧莹, 周彦粉, 等. 热风温度对 PP/TPU 熔喷非织造布结构与性能的影响[J]. 丝绸, 2018, 55(8): 35-40.
- PENG Mengna, JIA Huiying, ZHOU Yanfen, et al. Study on effect of hot air temperature on structure and property of PP/TPU melt-blown nonwovens[J]. Journal of Silk, 2018, 55(8): 35-40. (in Chinese)
- [11] 焦宏璞, 钱晓明, 钱么, 等. 医疗用非织造材料的加工技术及发展[J]. 化工新型材料, 2019, 47(12): 27-31, 36.
- JIAO Hongpu, QIAN Xiaoming, QIAN Yao, et al. Processing technology and development of nonwoven for medical use[J]. New Chemical Materials, 2019, 47(12): 27-31, 36. (in Chinese)
- [12] 刘亚, 吴汉泽, 程博闻, 等. 非织造医用防护材料技术进展及发展趋势[J]. 纺织导报, 2017(增刊1): 78-82.
- LIU Ya, WU Hanze, CHENG Bowen, et al. Technological progress and developing trends of nonwoven medical protective materials[J]. China Textile Leader, 2017(Sup. 1): 78-82. (in Chinese)
- [13] 潘洪, 殷保璞. 聚丙烯 SMS 非织造手术衣材料热处理温度研究[J]. 印染助剂, 2012, 29(5): 43-45.
- PAN Hong, YIN Baopu. Effect of thermal treatment temperature on polypropylene SMS nonwoven surgical gown[J]. Textile Auxiliaries, 2012, 29(5): 43-45. (in Chinese)
- [14] 阎迪, 郝爱萍. 功能性防护服及新材料应用[J]. 棉纺织技术, 2012, 40(2): 65-68.
- YAN Di, HAO Aiping. Functional protective clothing and new material application[J]. Cotton Textile Technology, 2012, 40(2): 65-68. (in Chinese)
- [15] 钱晓明, 张恒. 基于组合技术的先进非织造材料创新方法及其应用[J]. 纺织导报, 2020(1): 65-72.
- QIAN Xiaoming, ZHANG Heng. Advanced nonwoven materials based on the combination technology and its innovation[J]. China Textile Leader, 2020(1): 65-72. (in Chinese)
- [16] 马金亮, 麻文效, 温开琦. 莽草酸在聚乳酸非织造布上的接枝研究[J]. 合成纤维, 2019, 48(8): 39-42.
- MA Jinliang, MA Wenxiao, WEN Kaiqi. Study on grafting of shikimic acid on polylactic acid nonwovens[J]. Synthetic Fiber in China, 2019, 48(8): 39-42. (in Chinese)
- [17] 李慧敏. 党参抗菌黏胶纤维的制备及性能[J]. 纺织科学与工程学报, 2019, 36(3): 79-80, 94.
- LI Huimin. Preparation and properties of antibacterial viscose fiber of codonopsis pilosula[J]. Journal of Textile Science and Engineering, 2019, 36(3): 79-80, 94. (in Chinese)
- [18] 苗苗, 王晓旭, 王迎, 等. 氧化石墨烯接枝聚丙烯非织造布的制备及其抗静电性[J]. 纺织学报, 2019, 40(11): 125-130.
- MIAO Miao, Wang Xiaoxu, WANG Ying, et al. Preparation and antistatic property of graphene oxide grafted polypropylene nonwoven fabric[J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(11): 125-130. (in Chinese)
- [19] 来宇超, 孙辉, 朱斐超, 等. 银/还原氧化石墨烯负载聚丙烯熔喷非织造材料的制备及抗菌和抗静电性能[J/OL]. 高分子材料科学与工程, 2020, 36: 1-10 [2020-03-06]. <https://doi.org/10.16865/j.cnki.1000-7555.2020.0022>.
- [20] 姜慧霞. 医用防护服材料的性能评价研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2008.
- [21] 孙立华. 高支高密织物的开发与生产[J]. 纺织导报, 2016(12): 31.
- SUN Lihua. The development of high-count and high-density fabric[J]. China Textile Leader, 2016(12): 31. (in Chinese)
- [22] 蔡永东. 高支高密织物的品种及其生产技术[J]. 纺织导报, 2016(12): 32-35.
- CAI Yongdong. The varieties and production technologies of high-count and high-density fabrics[J]. China Textile Leader, 2016(12): 32-35. (in Chinese)
- [23] BENLTOUFA S, MILED W, TRAD M, et al. Chitosan hydrogel-coated cellulosic fabric for medical end-use; antibacterial properties, basic mechanical and comfort properties[J]. Carbohydrate Polymers, 2020(1): 115352.
- [24] NOOR N, MUTALIK S, YOUNAS M W, et al. Durable antimicrobial behaviour from silver-graphene coated medical textile composites[J]. Polymers, 2019, 11(12): 2000-2009.
- [25] 李敏. 防水透湿层压织物的加工与性能研究[D]. 北京: 北京服装学院, 2012.
- [26] 何宏升, 邓南平, 范兰兰, 等. 熔喷非织造技术的研究及应用进展[J]. 纺织导报, 2016(增刊1): 71-80.
- HE Hongsheng, DENG Nanping, FAN Lanlan, et al. Progress in the research and application of melt-blown nonwoven technology[J]. China Textile Leader, 2016(Sup. 1): 71-80. (in Chinese)
- [27] 张煌忠. 熔喷非织造材料在空气过滤领域的技术发展研究[J]. 盐城工学院学报(自然科学版), 2015, 28(4): 56-60.
- ZHANG Huangzhong. Research on the development of the technology of melt-blown nonwoven materials in the field of air filtration[J]. Journal of Yancheng Institute of Technology (Natural Science Edition), 2015, 28(4): 56-60. (in Chinese)